

51

Int. Cl.:

F 28 f, 21/06

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.:

17 f, 12/06

Behördeneigentum

10

11

21

22

43

44

# Auslegeschrift 1 501 595

Aktenzeichen: P 15 01 595.9-13 (P 37447)

Anmeldetag: 12. August 1965

Offenlegungstag: 4. Dezember 1969

Auslegungstag: 16. Dezember 1971

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum:

12. August 1964

2. November 1964

2. November 1964

33

Land:

V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen:

389109

408096

408289

54

Bezeichnung:

Wärmeaustauscher mit einem Kunststoffrohrbündel und Verfahren zu dessen Herstellung

61

Zusatz zu:

—

62

Ausscheidung aus:

—

71

Anmelder:

E. I. du Pont de Nemours and Co., Wilmington, Del. (V. St. A.)

Vertreter gem. § 16 PatG:

Wuesthoff, F., Dr.-Ing.; Pechmann, E. von, Dr.; Behrens, D., Dr.-Ing.;  
Goetz, R., Dipl.-Ing.; Patentanwälte, 8000 München

72

Als Erfinder benannt:

Withers, Michael, Somerville; Schimpf, Robert George, Wilmington;  
Moore, Robert John, Newark; Del. (V. St. A.)

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 835 008

CH-PS 243 912

DT-Gbm 1 805 653

US-PS 2 433 546

6 A 36322-61.-a86

12.71 109 551/241

Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher mit einem Mantelrohr, das an einem Ende einen Einlaß und am anderen Ende einen Auslaß aufweist, sowie einem darin angeordneten Bündel von Kunststoffröhren, deren Enden an den Mantelrohrenden in einem ringförmigen Kragen flüssigkeitsdicht zusammengehalten sind, sowie ein Herstellungsverfahren für das Röhrenbündel.

Bei einem bekannten derartigen Wärmetauscher (USA.-Patentschrift 2 433 546) sind die Kunststoffröhren an ihren Enden miteinander verschweißt. Die Enden der relativ zum Durchmesser kurzen Kunststoffröhren sind an den Verbindungsstellen aufgeweitet, so daß die Röhren voneinander Abstand haben. Ein solcher Wärmetauscher ist in der Ausführung mit Kunststoffröhren geringer Steifigkeit nicht ohne weiteres brauchbar. Der Abstand der Röhren voneinander wäre nicht gewährleistet.

Ausgehend von Wärmetauschern dieser bekannten Art liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, auch bei Verwendung von Kunststoffröhren geringer Steifigkeit (Kunststoffschläuchen) auf einfache, wenig aufwendige Weise einen stabilen, die nötigen Abstände zwischen den einzelnen Kunststoffröhren allseits gewährleistenden Aufbau des Röhrenbündels zu finden.

Die Aufgabe wird, ausgehend von der eingangs bezeichneten bekannten Art von Wärmetauschern dadurch gelöst, daß das Röhrenbündel im wesentlichen durch eine aufgewickelte Matte gebildet ist, die aus einer Lage paralleler Kunststoffröhren geringer Steifigkeit besteht, welche durch über die Röhrenlänge verteilte Querbänder im Abstand voneinander gehalten sind, wobei die Querbänder im Bündel auch die radialen Abstandhalter der Kunststoffröhren darstellen.

Es ist zweckmäßig, daß immer wenigstens eines der Querbänder unter einem Winkel von 90° zur Längsachse der Kunststoffröhren mit diesen verbunden ist, weil so mit einem Minimum an Querbänderlänge das Röhrenbündel zusammengehalten werden kann.

Der erfindungsgemäße Wärmetauscher ist sehr einfach und billig auch in Massenfertigung herstellbar. Er ermöglicht einen sehr kompakten Gesamtaufbau, d. h. eine sehr hohe Leistung je Volumeinheit der Gesamtanordnung, weil die Kunststoffröhren in einem stets gleichbleibenden Abstand voneinander gehalten sind, was für einen wirksamen Wärmetausch von größter Bedeutung ist.

Der erfindungsgemäße Wärmetauscher hat auch große Vorteile gegenüber einem anderen bekannten Wärmetauscher (deutsche Patentschrift 835 008), dessen die wärmetauschenden Fluide scheidenden Trennwände durch Aufwickeln einer aus Kunststoff bestehenden Matte hergestellt sind, der also von ganz anderer Art als der erfindungsgemäße Wärmetauscher ist, weil es sich nicht um einen Rohrbündelwärmetauscher handelt. Bei dem bekannten Wärmetauscher sind keine die Trennwände bildenden Röhren innerhalb eines Mantelrohres vorgesehen, sondern hier erfolgt der Wärmetausch zwischen Spaltkanälen, die einerseits zwischen Kunststoff-Folien und in Längsrichtung des Wickelkörpers verlaufenden Leisten und andererseits zwischen den Folien und in Umfangsrichtung verlaufenden Kunststoffleisten gebildet sind. Ein solcher bekannter Wärmetauscher ist im Aufbau wesentlich komplizierter als ein Wärmetauscher gemäß der Erfindung. Er ist außerdem weniger wirksam, da durch die sich kreuzenden Leisten die wirksame Fläche herabgesetzt ist.

Zur Herstellung des Wärmetauschers nach der Erfindung lassen sich verschiedene Verfahren verwenden. Gemäß einem besonders vorteilhaften Verfahren wird so vorgegangen, daß zunächst eine Röhrenmatte durch Verbinden mehrerer paralleler im Abstand voneinander liegender Kunststoffröhren mit mehreren im Abstand voneinander und unter einem bestimmten Winkel zur Röhrenachse liegenden Querbändern hergestellt wird, wobei wenigstens eines der Querbänder als Verschlüßende über die Röhrenmatte hinausragt, daß daraufhin die Matte parallel zu den Röhren aufgewickelt und das Verschlüßende mit der vorhergehenden Windung des Querbandes verbunden wird und daß schließlich die Enden der Röhren unter Offenlassen der Röhrenöffnungen flüssigkeitsdicht außen miteinander verbunden werden. Dabei hat es sich als besonders günstig erwiesen, wenn wenigstens eine Kunststoffröhre wendelförmig auf wenigstens einen länglichen Körper unter Bildung auseinanderliegender schraubengangartiger Windungen, deren Länge der Breite und deren Anzahl der Gesamtröhrenzahl der Röhrenmatte entspricht, aufgewickelt wird, daß anschließend die Windungen durch Querbänder verbunden und schließlich die Windungen parallel zu den Querbändern aufgetrennt werden.

Es kann aber auch so vorgegangen werden, daß eine Kunststoffröhre schlangenartig hin- und hergehend auf den Mantel einer Trommel unter Bildung auseinanderliegender, zueinander paralleler Windungen, deren Länge der Breite der Röhrenmatte entspricht, gelegt wird, daß die Windungen durch Querbänder verbunden und schließlich die die Windungen miteinander verbindenden Bögen abgetrennt werden. Dieses Herstellungsverfahren hat den Vorteil, daß Röhrenmatten unbegrenzter Länge hergestellt werden können.

Die Vereinigung der Enden des Röhrenbündels zu einem flüssigkeitsdichten Verband kann auf verschiedene Weise erfolgen. Eine Möglichkeit besteht in der Verwendung eines Rohrbodens, der die Röhren mit flüssigkeitsdichtem Sitz aufnimmt. Eine weitere Möglichkeit ist die, daß die Röhrenden mittels eines Klebstoffes außenseitig flüssigkeitsdicht verbunden werden. Nach einem besonders vorteilhaften Verfahren werden die Röhrenden jedoch durch einen ringförmigen Kragen zusammengefaßt und von innen her bis zur Erweichung erwärmt. Danach läßt man Unterdruck auf die Außenflächen der Röhren wirken, wodurch sie sich in eine stabile Lage verformen und miteinander und mit dem Kragen verkleben. Hierbei nimmt der ursprünglich kreisförmige Querschnitt der Röhren eine polygonale (sechseckige oder rechteckige) Form an. Üblicherweise ist das Querschnittsprofil der Röhren sechseckig, weshalb sich hierfür auch der Ausdruck »Wabendichtung« eingeführt hat.

Derartige Wärmetauscher werden mit Vorteil in der chemischen Industrie, der Petroleumindustrie und in Molkereien eingesetzt. Sie weisen ebenfalls Vorteile in Kühlschränken, Raumheizern, Automobilheizungen und -kühlern usw. auf. Sie sind überall dort vorteilhaft, wo geringes Gewicht, Kompaktheit und Korrosionsfestigkeit erwünscht sind.

Die Erfindung ist im folgenden an Hand schematischer Zeichnungen an mehreren vorteilhaften Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Röhrenbündels.

Fig. 2 den üblichen Aufbau eines Rohrbündelwärmetauschers in Seitenansicht,

Fig. 3 einen Teil-Längsschnitt des einen Endes des Wärmetauschers,

Fig. 4 einen Längsschnitt durch einen Teil des Röhrenbündels,

Fig. 5 eine Ansicht der Röhrenmatte vor dem Aufwickeln zu einem Röhrenbündel,

Fig. 6 einen Querschnitt durch das Röhrenbündel entlang der Linie VI-VI der Fig. 1,

Fig. 7 einen Teil-Längsschnitt durch das Röhrenbündel, bei dem die abstandshaltenden Querbänder versetzt angeordnet sind,

Fig. 8 eine Ansicht eines Röhrenbündels gemäß Fig. 7 als Röhrenmatte vor dem Aufwickeln,

Fig. 9 einen Teil-Längsschnitt durch ein Röhrenbündel, bei dem die abstandshaltenden Querbänder parallel zueinander, jedoch nicht normal zur Röhrenachse angeordnet sind,

Fig. 10 die Ansicht eines Röhrenbündels gemäß Fig. 9 als Röhrenmatte vor dem Aufwickeln,

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Herstellen der Röhrenmatte und des Röhrenbündels sowie

Fig. 12 bis 15 andere schematische Darstellungen von Vorrichtungen zum Herstellen der Röhrenmatten.

Gemäß den Fig. 2 und 3 hat der Wärmetauscher ein zylindrisches Mantelrohr 11, vorzugsweise aus rostfreiem Stahl, mit an beiden Enden angeschweißten Flanschen 12 und 13 und Stirnflanschen 14 und 15. Flansch 12 weist einen Auslaß 16 und Flansch 13 einen Einlaß 17 auf. Hier werden die entsprechenden Flüssigkeitsleitungen (nicht gezeigt) für die um die Röhren strömende Flüssigkeit angeschlossen. Die Stirnflansche 14 und 15 weisen einen entsprechenden Eintritt 18 und Austritt 19 auf. Hier wird die andere, durch die Röhren strömende Flüssigkeit ein- und ausgeleitet.

Im Mantelrohr 11 ist ein Röhrenbündel 20 angeordnet, das aus einem Bündel Kunststoffröhren 21 geringer Steifigkeit besteht, deren Enden an den Mantelrohrenden in einem ringförmigen Kragen bzw. einer Verschlühülse 24 flüssigkeitsdicht zusammengehalten sind. Die Kunststoffröhren 21 bestehen vorzugsweise aus Fluorkohlenstoffpolymeren und haben einen Außendurchmesser von etwa 2 bis etwa 7 mm und eine Wandstärke von etwa 5 bis 15% des Außendurchmessers. Das Röhrenbündel 20 ist im wesentlichen durch eine aufgewickelte Matte gebildet, die aus einer Lage paralleler Kunststoffröhren besteht, welche durch über die Rohrlänge verteilte Querbänder 25 im Abstand voneinander gehalten sind. Die Querbänder im Bündel stellen auch die radialen Abstandshalter der Kunststoffröhren 21 dar und sind mit den Röhren an der Oberfläche normal zur Röhrenachse durch heiße Luft verschweißt. Sie können auch durch ein Klebemittel mit diesen verbunden sein. Eine flachgelegte Röhrenmatte aus den parallelen Kunststoffröhren mit gleichem Abstand voneinander ist in Fig. 5 gezeigt. Beim Aufwickeln mit oder ohne Verwendung eines herausziehbaren Kerns wird darauf geachtet, daß die Bänder auf die Außenseite des Röhrenbündels zu liegen kommen. Sie können besondere Anordnungen aufweisen und liegen voneinander entsprechend der Abmessung der Röhren auseinander. Nach dem Aufwickeln sind die überstehenden Verschlühenden 33 auf die vorhergehende Windung geschweißt oder geklebt, um das Röhrenbündel in zylindrischer Form zu halten.

Die Querbänder 25 können aus beliebigem Werkstoff bestehen, doch ist es vorteilhaft, wenn auch hierfür der gleiche Fluorkohlenstoff-Werkstoff wie für die Kunststoffröhren verwendet wird. Die Bänder sind normalerweise etwa 0,25 mm dick und 10 bis etwa 12 mm breit.

Fig. 1 entnimmt man, daß die Enden der Röhren des Bündels 20 zusammengefaßt und zu einer Wabenstruktur miteinander verbunden sind, die im folgenden als Rohrscheibe 22 bezeichnet ist. Diese ist durch ein Blech 23 oder eine etwa 0,25 mm dicke Zwischenschicht umgeben, die aus dem gleichen Material wie die Röhren 21 besteht. Dieses Blech bzw. diese Zwischenschicht 23 ist mit dem Umfang der Röhren 21 und mit dem Kragen 24 fest verbunden. Da eine flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen dem Röhrenbündel 20 und dem Rohrmantel 11 hergestellt werden muß, ist ein Kragen 24 vorteilhaft, der bei erhöhten Betriebstemperaturen formstabil bleibt. Daher ist es zweckmäßig, den Kragen 24 aus einer geeigneten korrosionsbeständigen Legierung, einer Keramik- oder Phenolmasse oder in besonders geeigneten Fällen aus einem Copolymer eines Fluorkohlenstoffes herzustellen, das einen höheren Schmelzpunkt als der Röhrenwerkstoff hat und eine ausgezeichnete Wärmebeständigkeit bei erhöhten Temperaturen aufweist. Im allgemeinen ist es vorzuziehen, unabhängig von der Art des gewählten Werkstoffs eine Zwischenschicht 23 zwischen dem Kragen 24 und dem Röhrenbündel 20 vorzusehen, die eine homogene flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen den Röhren 21 und dem Kragen 24 ermöglicht.

In Fig. 3 ist dargestellt, wie das Röhrenbündel 20 in den Mantel 11 aus rostfreiem Stahl eingebaut ist. Dabei ist nur ein Ende des Wärmetauschers gezeigt und wird der Einfachheit halber auch nur beschrieben. Die andere Seite ist jedoch strukturell und funktionell gleich. Das Röhrenbündel 20 ist im Mantelrohr 11 durch eine Verschlühülse 26 und einen geschlitzten Metallverschlußring 27, der in einer Nut 28 der Hülse 26 sitzt, gehalten. Der Ring 27 liegt an der bearbeiteten Stirnfläche des Flansches 12 an und verhindert jegliche Längsverschiebung des Röhrenbündels 20. Hierdurch wird auch der Ausbau und das Ersetzen des Röhrenbündels erleichtert. Der Flansch 12 ist gegen die Hülse 26 durch eine O-Ring-Dichtung 29 flüssigkeitsdicht abgedichtet, und der Kragen 24 ist an die Schulter 30 mit Hilfe des Stirnflansches 14 fest angepreßt. Die Spannkraft wird parallel zur Achse des Röhrenbündels von der Verschlühülse 26 auf den Ring 27 übertragen. Durch den sehr hohen Druck gegen die Schulter 30 erfolgt die flüssigkeitsdichte Verbindung über die Zwischendichtfläche 31, wobei gleichzeitig die Gefahr der Einschnürung oder des Zusammendrückens der Rohrscheibe 22 vermieden ist. Der Stirnflansch 14 wird durch eine Anzahl Schraubenbolzen 32 mittelbar gegen den Flansch 12 gezogen.

Das durch die Querbänder 25 zusammengehaltene Röhrenbündel erhält eine halbsteife, weitgehend selbsttragende Formgebung dadurch, daß man die Bandenden 33 überlappen läßt und sie mit den Querbändern 25 verbindet.

Obwohl die Querbänder normalerweise etwa 0,25 mm dick und 10 bis etwa 12 mm breit sind, können die Abmessungen zwischen etwa 0,12 und etwa 1 mm Dicke sowie 10 und 25 mm Breite schwanken. Wenn auch dafür Kunststoffe aus Fluorkunststoffen, Amiden,



Acetaten, Olefinen, Vinylhalogenen, Styrol usw. als Werkstoffe vorgezogen werden, können auch Metalle, Textil- und Zellulosematerialien zur Anwendung kommen.

In den Fig. 4, 5 und 6 sind die Querbänder 25 als durchlaufende Bänder dargestellt, die spiralförmig in übereinanderliegenden Lagen überlappend mit den Röhren 21 aufgewickelt werden und dadurch in gleichen Abständen zwischen die Röhrenlagen zu liegen kommen. Jedes Rohr 21 ist mit dem Querband

25 an einer tangentialen Berührungslinie in vorbestimmtem Steigungsabstand, vorzugsweise durch Hitzeschweißung, verbunden. Bei der Wahl des geeigneten Abstands zwischen den Röhren ist darauf zu achten, daß einerseits ein Röhrenbündel hoher Kompaktheit, andererseits ausreichend gleichförmige Zwischenräume zwischen den Röhren vorhanden sind, damit die mantelseitige Durchströmung ermöglicht ist.

In der folgenden Tabelle sind einige typische Röhrenbündelanordnungen angegeben:

Rohre je Bündel	Außendurchmesser der Röhren (mm)	Windungsabstand (mm)	Röhrenmattenlänge (m)	Rohrbündelaußendurchmesser (cm)	Wabenrohrscheibenaußendurchmesser (ohne Kragen 24) (cm)	Wärmetauschofläche (m <sup>2</sup> /m)
1000	2,5	3	3	10	8,8	8
500	2,5	3	2	7,1	6,3	4
250	2,5	3	1	5	4,6	2

Da die einzelnen Röhren 21 mit den Querbändern 25 verbunden sind, sind die Zwischenräume bzw. Öffnungen zwischen einander angrenzenden Röhren fixiert. In Fig. 6 sind die Öffnungen 35 dargestellt, die als Strömungsöffnungen, durch die die Flüssigkeit mantelseitig strömt, dienen. Da die Öffnungen 35 über den Querschnitt des Röhrenbündels 20 gleichverteilt sind, wird die Flüssigkeit in gleiche Strömungskanäle aufgeteilt. Durch sorgfältige Auswahl der Anordnung der Querbänder 25 kann man jedoch bestimmte Strömungsaufteilungen oder Strömungswege durch das Röhrenbündel erzielen, so daß das Strömungsmittel bestimmten Strömungswegen folgen muß, die besonderen Wärmetauschbedingungen entsprechen.

In den Fig. 7 und 8 sind mehrere Querbänder 25a und 25b dargestellt, die mit der Röhrenmatte in zueinander versetzter Anordnung verbunden sind. Nach dem Aufwickeln bilden die Querbänder 25a die innere Spirale und die Bänder 25b die äußere Spiralenlage. Da die Bänder 25a und 25b die scheinbare Länge des Röhrenbündels 20 modifizieren, erfolgt die Strömung der Flüssigkeit zunächst parallel zu den Röhren 21 und dann in einem leichten Zickzackweg zwischen den Spiralen entlang einer Strecke mit niedrigem Strömungswiderstand. Dies bewirkt einen höheren Turbulenzgrad und einen besseren Wärmeübergang. Eine derartige Konfiguration kann auch dadurch erzeugt werden, daß zwei Röhrenmatten, deren Querbänder zueinander in Längsrichtung gegeneinander versetzt sind, hergestellt werden. Hierbei wird die eine Röhrenmatte nach dem Aufwickeln als Kern für die zweite verwendet, wodurch sich eine Konfiguration entsprechend der in Fig. 7 dargestellten ergibt.

Sollen sehr hochviskose Flüssigkeiten oder solche, bei denen in besonders starkem Maße ein Zusetzen der Strömungswege zu befürchten ist, oder soll ein verstärkter Wärmeübergang erfolgen, so kann die Vergrößerung der Öffnungen 35 erforderlich sein. Durch die erwähnten Maßnahmen ist der Grad der Verbesserung insofern begrenzt, als ein weiterer Anstieg auf Kosten der Röhrenanzahl je Rohrbündel und der Anzahl der Abstützungen erfolgt.

In Fig. 9 und 10 ist eine weitere Anordnung der Querbänder 25 dargestellt, bei der die Öffnungen 35 vergrößert sind, ohne daß gleichzeitig die Abstützung und eine hohe Röhrendichte aufgegeben sind. Diese

Anordnung ist am besten in Fig. 10 ersichtlich. Die Querbänder 25 sind mit den parallelen Röhren 21 unter einem spitzen Winkel kleiner als 90° verbunden. Im aufgewickelten Zustand bilden die Bänder 25 kegelförmige Spiralen, die eine vergrößerte Öffnung 35 einschließen. Bei zunehmend spitzer werdendem Winkel zwischen den Bändern 25 und den Röhren 21 werden die Öffnungen 35 gestreckt und vergrößert.

Im Betrieb wird die Flüssigkeit in das Mantelrohr 11 durch den Einlaß 17 und die Ringzone 36 eingelassen und umströmt das Röhrenbündel 20 entsprechend der Anordnung der Querbänder 25. Da die Röhren nur entlang einer einzigen Linie jeweils befestigt sind, wird praktisch die ganze Rohroberfläche zum Wärmetausch ausgenutzt, wodurch die Gefahr des Entstehens einzelner Überhitzungsstellen vermindert wird. Der Austritt der Flüssigkeit erfolgt über eine weitere Ringzone 36 zur Beruhigung und durch den Auslaß 16 in eine nicht dargestellte Rohrleitung. Umgekehrt tritt die andere Flüssigkeit durch den Eintritt 18 ein und durchströmt praktisch geradlinig im Gegenstrom zu der im Mantelraum strömenden Flüssigkeit die Röhren und tritt durch den Austritt 19 aus.

Die Endbereiche 34 in den Fig. 5, 8 und 10 können auch zur Kühlung des Rohrbündels herangezogen werden, wozu sie abgeschlossen werden.

Ein Herstellungsverfahren für die Röhrenmatte kann auf einer Vorrichtung gemäß Fig. 11 ausgeführt werden. Hierbei laufen von mehreren Spulen 37 die zur Verarbeitung kommenden Kunststoffrohre geringer Steifigkeit 21 bzw. Schläuche ab. Sie werden durch eine Führung 38 als Satz paralleler Röhren mit vorbestimmter Länge der Vorrichtung zugeführt. Auch die Querbänder 25 laufen von Spulen 39 auf die Oberfläche der Röhren normal zur Röhrenachse ab. Sie werden durch gelenkig angeordnete Schweißstangen 40 mit der Oberfläche der Röhren verbunden. Darauf trennt das Messer 47 die Röhren ab, worauf der Satz Röhren in den Spalt umlaufender Haltewalzen 43 und 44 geführt wird. Diese schieben den Satz Röhren zur Seite auf eine Sitzplatte 45, wodurch ein zweiter Satz Röhren von den Spulen 37 abgewickelt werden kann. Das Verfahren arbeitet absatzweise. Ist die gewünschte Anzahl Röhren für das Röhrenbündel abgespult, werden die Querbänder 25 unter Belassen eines Verschlusses 33, das in Fig. 5 gezeigt ist, abgetrennt und die Matte über einen drehbaren

Wickelkern 42 aufgewickelt. Führungsrollen 46 bewirken ein festes Aufwickeln. Es können auch äußere Wickelrollen zum Aufwickeln des Röhrenbündels auf mittelteillose Weise verwendet werden.

Weitere Herstellungsverfahren für eine Röhrenmatte sehen die Verwendung von Vorrichtungen gemäß den Fig. 12, 13 und 14 vor. Bei dem Herstellungsverfahren unter Verwendung der Vorrichtung gemäß Fig. 12 wird von einer auf einer Achse 52 gelagerten Vorratsspule 51, auf die eine Kunststoffröhre aufgewickelt ist, auf eine mittels eines Motors 55 drehbare zylindrische Trommel 54 aufgewickelt, auf deren Oberfläche das Röhrende tangential befestigt oder in eine Bohrung 83 eingesteckt ist. Zur Führung der auf die Trommel 54 auflaufenden Röhre dient eine von einer Führungsspindel 56 geleitete Führung 64. Die Führungsspindel 56 ist durch einen Kettentrieb 57 angetrieben, dessen Drehung auf die der Trommel 54 abgestimmt ist, um einen vorbestimmten Abstand der Röhrenwindungen voneinander zu bewirken. Nach Erreichen der gewünschten Windungsanzahl auf der Trommel 54 wird nach Anhalten des Antriebsmotors 55 das Ende der Röhre abgeschnitten und auf der Trommel 54 befestigt. Danach wird eine Bandspule 60 zusammen mit einer Heißluftdüse 59 auf einem Trägergestell 66 über die Windungen der Röhre geführt, um ein Querband 25 abzuwickeln und auf die Windungen normal zur Röhrenachse mit diesen zu verbinden. Um ein weiteres Querband 25 auf die Windungen aufzubringen, wird die Trommel 54 um einen bestimmten Winkel gedreht und die Bandspule 60 und Heißluftdüse 59 nochmals in der beschriebenen Weise über die Trommel geführt. Alternativ können auch mehrere Bandspulen 60 und Heißluftdüsen 59 verwendet werden, um mehrere Querbänder gleichzeitig aufzubringen.

Nach dem Aufbringen der Querbänder 25 auf die Windungen der Röhre trennt ein Messer 61 das Querband 25 derart ab, daß ein Verschlüßende 33, wie in Fig. 5 dargestellt, verbleibt. Ein Trennmesser 63 wird danach in einem Längsschlitz 65 auf einer Mantellinie der Trommel 54 geführt, um die Windungen der Röhre parallel zu den Querbändern 25 aufzuschneiden und so eine Röhrenmatte zu erzeugen. Die flache Röhrenmatte, wie sie in Fig. 5 dargestellt ist, weist eine Reihe paralleler Kunststoffröhren 21 auf, die mit den Querbändern 25 in der gezeigten Weise verbunden sind. In einer weiteren Vorrichtung oder von Hand wird dann die Röhrenmatte mit der Bandseite nach oben aufgewickelt und so das in Fig. 6 dargestellte Röhrenbündel erhalten.

Bei dem Herstellungsverfahren unter Verwendung der Vorrichtung gemäß Fig. 13 wird ebenfalls von einer langen, auf einer Vorratsspule 51 aufgewickelten Kunststoffröhre, wie nach Fig. 12, ausgegangen. Hier werden jedoch zwei drehbare, parallel zueinander angeordnete zylindrische Trommeln 71 und 72 verwendet. Nur eine der Trommeln muß angetrieben werden. Sie sind auf einem Rahmen 54 montiert, auf dem deren Abstand eingestellt werden kann. Bei dieser Anordnung ist die Breite der herzustellenden Rohrmatte nicht vom Durchmesser der Trommel abhängig. Durch einfaches Auseinanderrücken der beiden Trommeln kann die Breite der Röhrenmatte vergrößert werden. Nachdem die erste Windung der Röhre auf die beiden Trommeln aufgewickelt ist, wird das Röhrende bei 73 mit der ersten Windung verbunden. Danach erfolgt das Aufwickeln der Röhre wie zu Fig. 12 beschrieben. Die Röhre wird mit konstanter

Steigung wendelförmig auf die beiden Trommeln 71 und 72 aufgewickelt. Der Umfang einer Röhrenwindung entspricht der Breite der Röhrenmatte und die Anzahl der wendelförmigen Windungen gleicht der Anzahl der einzelnen Röhren in der fertigen Röhrenmatte. Nach Erreichen der vorbestimmten Anzahl von Windungen wird das Ende der Röhre abgeschnitten und mit der vorhergehenden Windung verbunden. Darauf werden die flachen Kunststoffquerbänder 25 mit Abstand voneinander mit den Windungen der Röhre parallel zu den Achsen der Trommeln verbunden, indem die Bandspulen 60 zusammen mit den Heißluftdüsen 59 zum Aufbringen und Verschweißen der Querbänder 25 mit den Windungen über diese geführt werden. In gleicher Weise können nach Weiterdrehen der Trommeln um einen bestimmten Winkelbetrag weitere Bänder 25 aufgebracht werden. Anschließend werden die Bänder 25 durch das Trennmesser 61 und die aufgewickelte Röhre parallel zur Trommelachse mit Hilfe des Messers 63 aufgetrennt, so daß die noch zylindrische Matte freigegeben wird und abgewickelt werden kann. Das Produkt dieses Herstellungsverfahrens ist ebenfalls eine ebene Röhrenmatte mit parallelen Röhren, wie sie in Fig. 5 dargestellt ist.

Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren läßt sich auch unter Verwendung einer Vorrichtung gemäß Fig. 14 verwirklichen, die auf einer Welle 82 eine Kernplatte 81, die eine flache Platte sein kann, aufweist. Bei dieser Anordnung ist die zylindrische Trommel 54 der Vorrichtung nach Fig. 12 durch die Kernplatte 81 ersetzt. Die Herstellungsweise ist ansonsten mit der im Zusammenhang mit Fig. 12 beschriebenen identisch. Zum Aufbringen der Querbänder 25 ist das Trägergestell 66 für die Bandspule 60 und die Heißluftdüse 59 auf am Stützrahmen 86 angebrachten Schienen 84 und 85 horizontal querverschiebbar.

Bei dem Herstellungsverfahren unter Verwendung der Vorrichtung gemäß Fig. 15 wird ebenfalls von einer auf einer Vorratsspule 51 vorhandenen Kunststoffröhre 21 ausgegangen, die jedoch hin- und hergehend parallel zur Längsachse der Trommel 54 auf diese aufgebracht wird, wobei sie um nahe den beiden Stirnseiten der Trommel vorgesehene radial abstehende Stifte 53 gelegt wird. Die Röhre wird durch Führungshaken 64 auf dem Träger 67 auf die Trommel geführt. Letzterer ist auf nicht dargestellte Weise entlang der Führungsspindel 56 hin- und herbewegbar. Die Hin- und Herbewegungsgeschwindigkeit und die Drehzahl der Trommel 54 sind miteinander so synchronisiert, daß dabei die Röhre 21 um die radial stehenden Stifte 54 gelegt werden kann.

Die Querbandspule 60 und die Heißluftdüse 59 sind in einem gewissen Abstand von der Trommel 54 vorgesehen. Obwohl diese nur einmal dargestellt sind, sind selbstverständlich mehrere nebeneinander vorgesehen. Bei Drehung der Trommel 54 wird Band 25 von den Spulen 60 kontinuierlich abgewickelt und mittels der Heißluftdüse 59 mit der Oberfläche der Röhre 21 verschweißt. Im Normalfall sind die Stifte 53 so zueinander versetzt angeordnet, daß das von den Spulen 60 abgewickelte Band normal zu den Röhrenwindungen verläuft. Bei Drehung der Trommel 54 schneiden die Messer 53 und 58 die Schlaufenenden 50 ab, wodurch das Teil 62 der Röhrenmatte aus einer Anzahl durch Bänder 25 auseinandergehaltenen Röhren 21 entsteht. Die Röhrenmatte kann auf einen nicht



dargestellten Vorratskern, der mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit wie die Trommel 54 umläuft, aufgewickelt werden. Nach Erreichen der gewünschten Röhrenanzahl, die durch die Anzahl der Windungen auf der Trommel 54 bestimmt ist, wird die Röhre 21 abgeschnitten und durch Verknoten an einem Stift 53 befestigt. Die Drehung der Trommel wird so lange fortgesetzt, bis das letzte Ende der Windungen der Röhre 21 unter der Bandspule 60 vorbeibewegt ist. Dabei trennen die Messer 53 und 58 die letzten Schlaufen 50 ab. Auch diese Röhrenmatte besteht, wie auch in Fig. 5 dargestellt, aus parallelen Röhren 21, wenn deren Oberfläche mit den Bändern 25 in der gezeigten Weise verbunden ist. Ein Vorteil der Herstellung der Röhrenmatte mit dieser Vorrichtung ist, daß die Anzahl der Röhren, die zu einer Röhrenmatte vereinigt werden können, praktisch unbegrenzt ist. Die Anzahl ist nicht durch die Abmessungen der Vorrichtung, sondern lediglich durch das beschränkte Aufnahmevermögen der Vorratsspule 51 begrenzt. Diese Vorrichtung kann von einem kontinuierlich arbeitenden Extruder direkt mit einem Kunststoffschlauch der angegebenen Art beschickt werden.

In den folgenden beiden Beispielen werden zwei typische Einsatzfälle mit entsprechenden konventionellen Metallröhrenwärmetauschern verglichen:

Ein Wärmetauscher ist aus 360 Röhren aus einem Copolymer des Tetrafluoräthylens und des Hexafluorpropylens aufgebaut. Jede Röhre hat einen äußeren Durchmesser von 2 mm und eine Wandstärke von 0,2 mm. Das Röhrenbündel des Wärmetauschers hat einen Durchmesser von 6,8 cm und eine Länge von 1,2 m; es weist eine Wärmetauscherfläche von 2,7 m<sup>2</sup> auf.

Ein diesem Kunststoffröhrenwärmetauscher entsprechender Metallrohrwärmetauscher ähnlicher geometrischer Form weist 1,8 m<sup>2</sup> Wärmetauscherfläche auf. Hierzu ist ein Metallrohrbündel von 12,7 cm Durchmesser und 63 cm Länge erforderlich. Das Volumen des Metallwärmetauschers ist daher 2,35mal größer als das des erfindungsgemäßen Wärmetauschers.

Ein Rohrbündel von 12,7 cm Durchmesser mit 2500 Kunststoffröhren von 75 cm Länge weist 9 m<sup>2</sup> Wärmetauscherfläche auf. Das entsprechende Metallrohrbündel (5,4 m<sup>2</sup> Wärmetauscherfläche) hätte einen Durchmesser von etwa 20 cm und eine Länge von fast 75 cm; das Volumen des Metallrohrbündels ist damit 2,15mal größer als das des erfindungsgemäßen Bündels.

#### Patentansprüche:

1. Wärmetauscher mit einem Mantelrohr, das an einem Ende einen Einlaß und am anderen Ende einen Auslaß aufweist, sowie einem darin angeord-

neten Bündel von Kunststoffröhren, deren Enden an den Mantelrohrenden in einem ringförmigen Kragen flüssigkeitsdicht zusammengehalten sind; dadurch gekennzeichnet, daß das Röhrenbündel (20) im wesentlichen durch eine aufgewickelte Matte gebildet ist, die aus einer Lage paralleler Kunststoffröhren (21) geringer Steifheit besteht, welche durch über die Röhrenlänge verteilte Querbänder (25) im Abstand voneinander gehalten sind, wobei die Querbänder im Bündel auch die radialen Abstandhalter der Kunststoffröhren (21) darstellen.

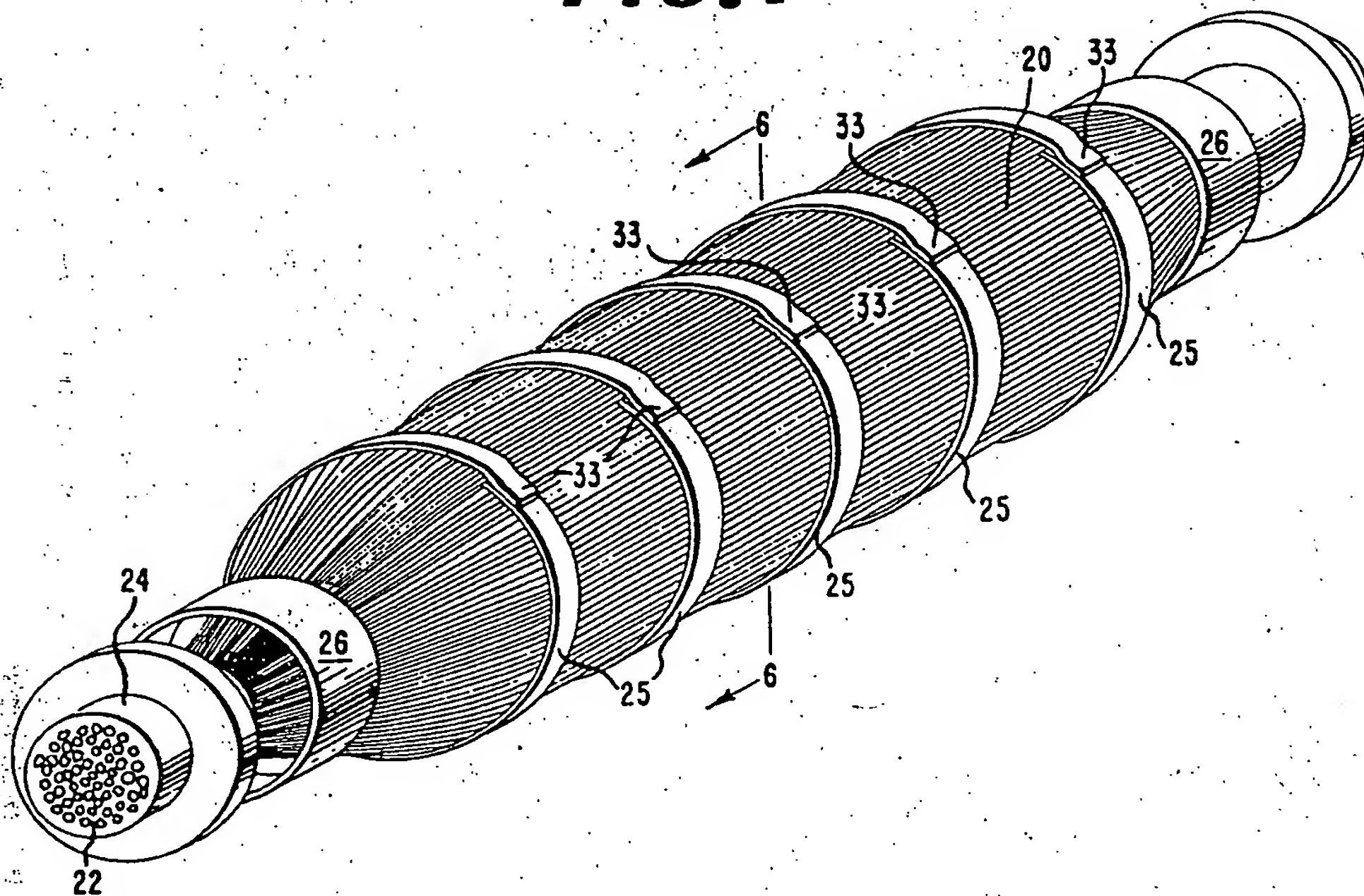
2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eines der Querbänder (25) unter einem Winkel von 90° zur Längsachse der Kunststoffröhren (21) mit diesen verbunden ist.

3. Verfahren zur Herstellung eines Röhrenbündels für einen Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst eine Röhrenmatte durch Verbinden mehrerer paralleler im Abstand voneinander liegender Kunststoffröhren (21) mit mehreren im Abstand voneinander und unter einem bestimmten Winkel zur Röhrenachse liegenden Querbändern (25) hergestellt wird, wobei wenigstens eines der Querbänder als Verschlüßende (33) über die Röhrenmatte hinausragt, daß daraufhin die Matte parallel zu den Röhren aufgewickelt und das Verschlüßende mit der vorhergehenden Windung des Querbandes (25) verbunden wird und daß schließlich die Enden der Röhren unter Offenlassen der Röhrenöffnungen flüssigkeitsdicht außen miteinander verbunden werden.

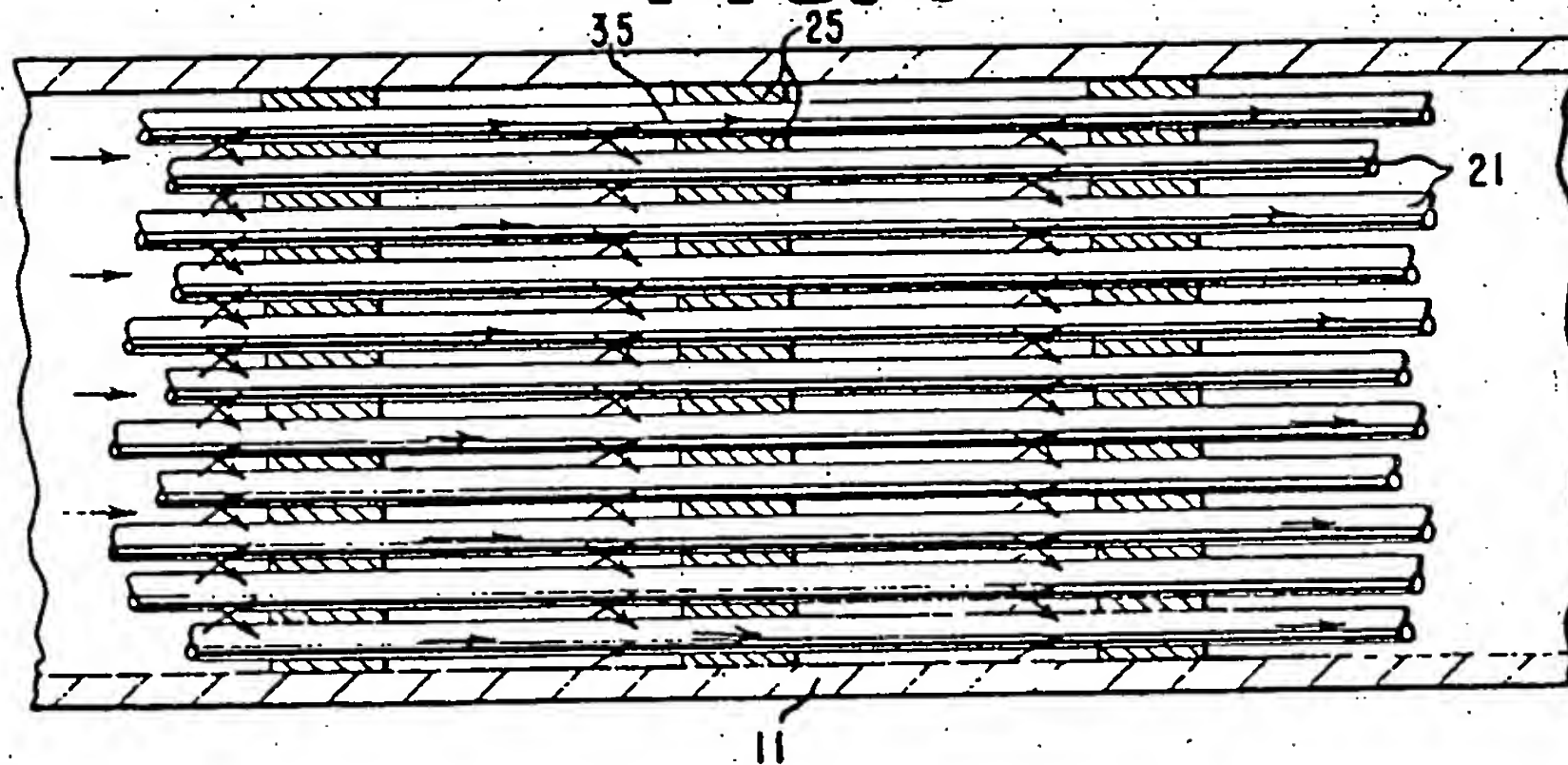
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Kunststoffröhre (21) wendelförmig auf wenigstens einen länglichen Körper (54, 71, 72; 81) unter Bildung auseinanderliegender schraubengangartiger Windungen, deren Länge der Breite und deren Anzahl der Gesamtröhrenzahl der Röhrenmatte entspricht, aufgewickelt wird, daß anschließend die Windungen durch Querbänder (25) verbunden und schließlich die Windungen parallel zu den Querbändern abgetrennt werden.

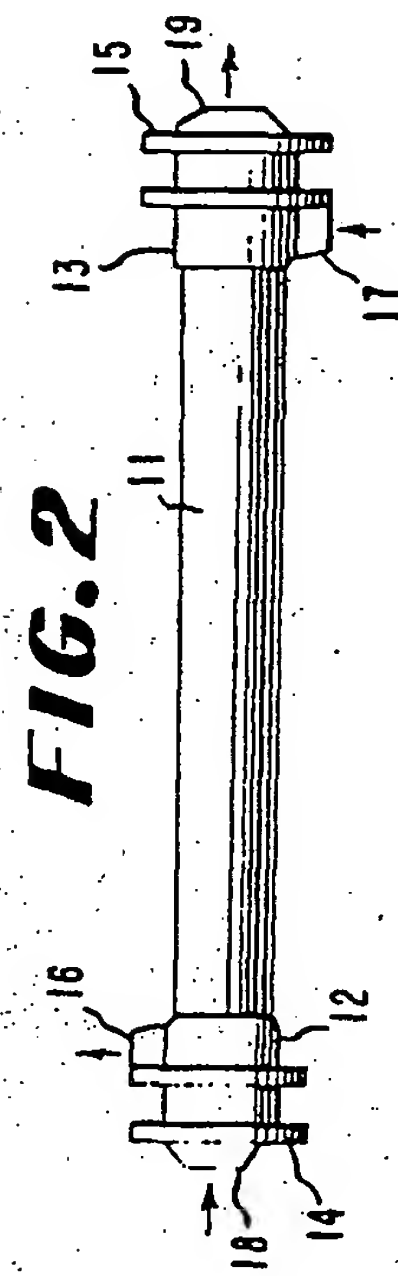
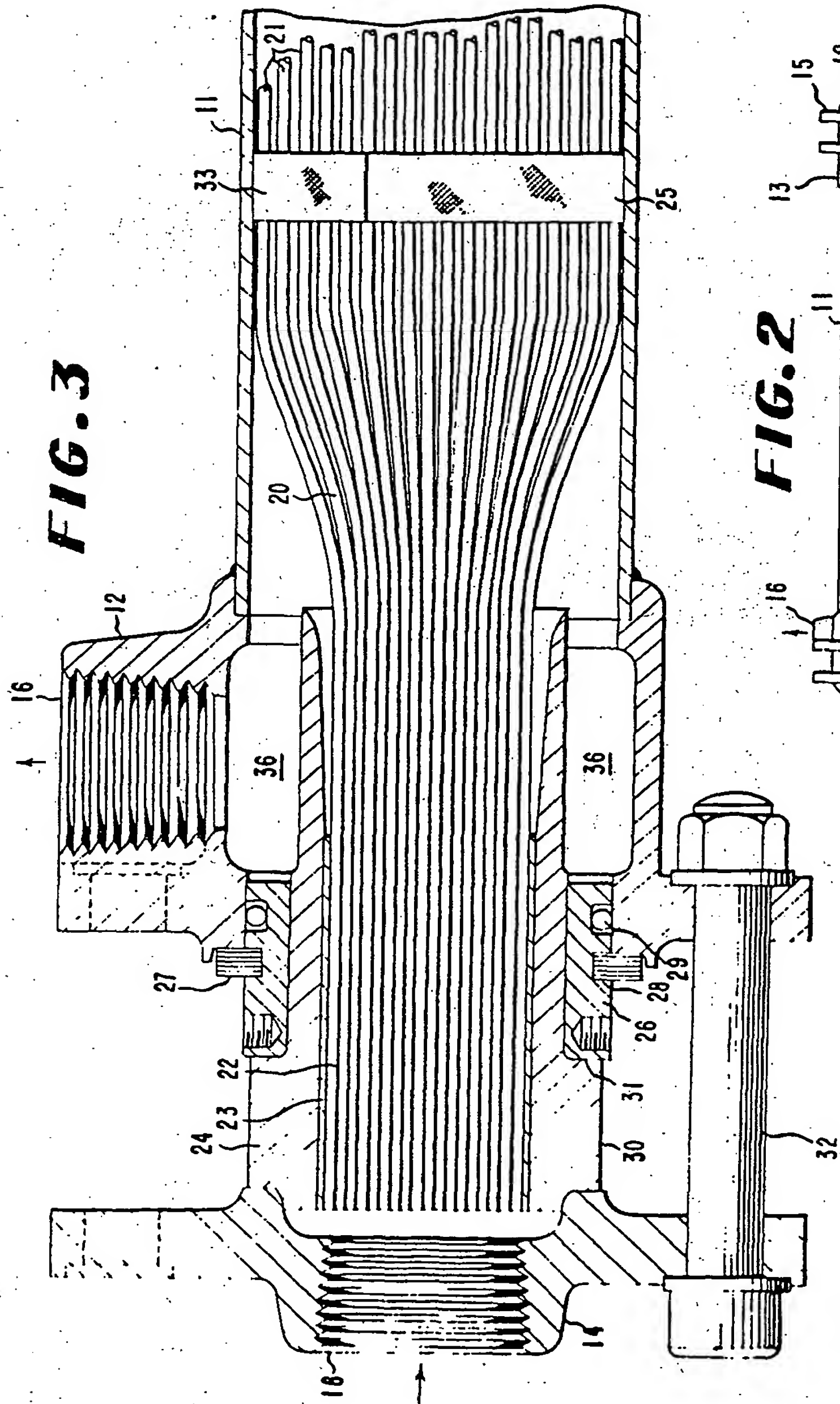
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kunststoffröhre schlangenartig hin- und hergehend auf den Mantel einer Trommel unter Bildung auseinanderliegender, zueinander paralleler Windungen, deren Länge der Breite der Röhrenmatte entspricht, gelegt wird, daß die Windungen durch Querbänder verbunden und schließlich die die Windungen miteinander verbindenden Bögen abgetrennt werden.

**FIG. 1**



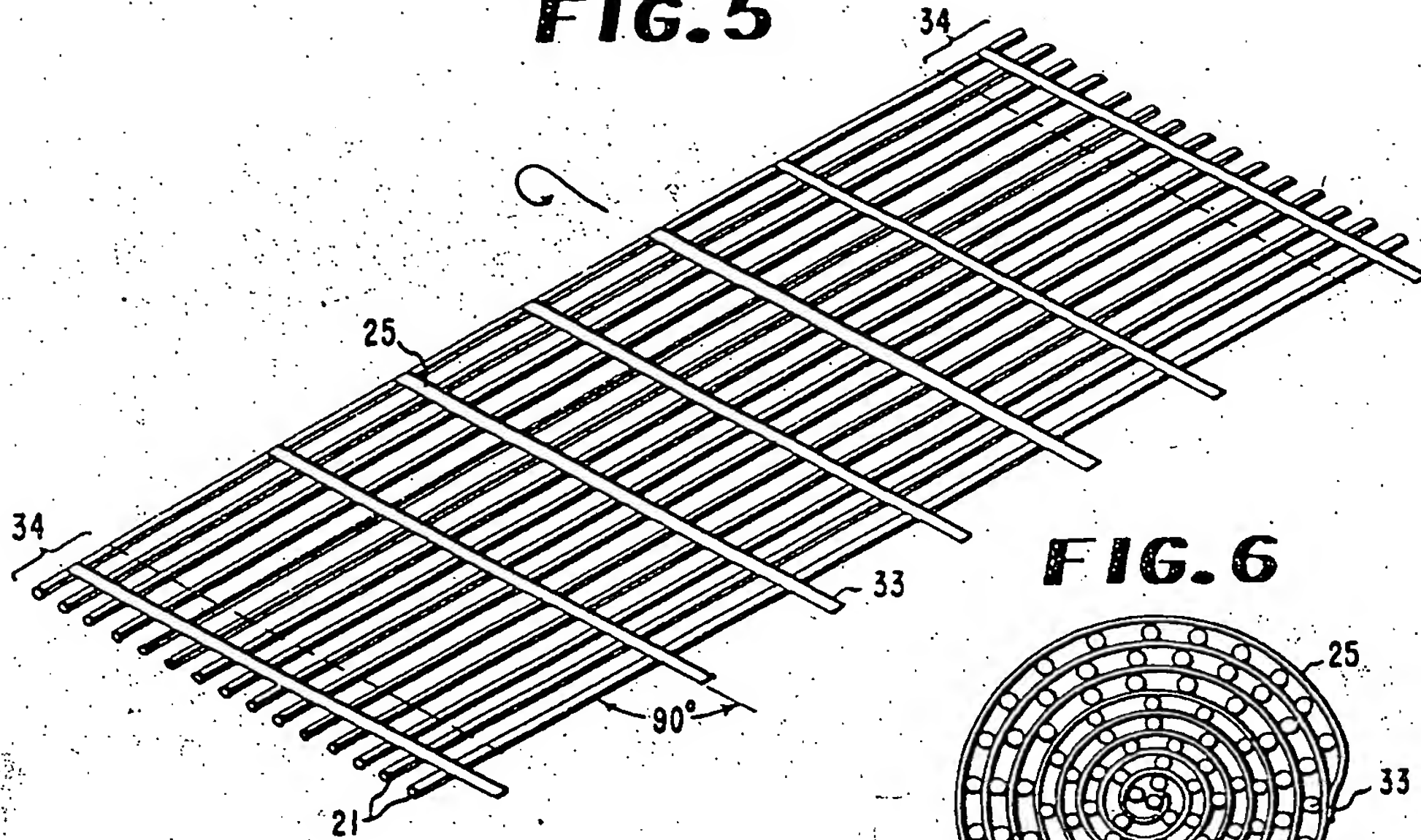
**FIG. 4**



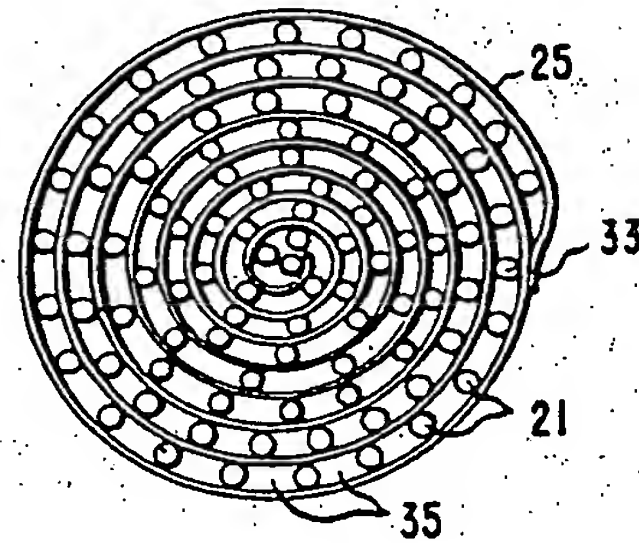




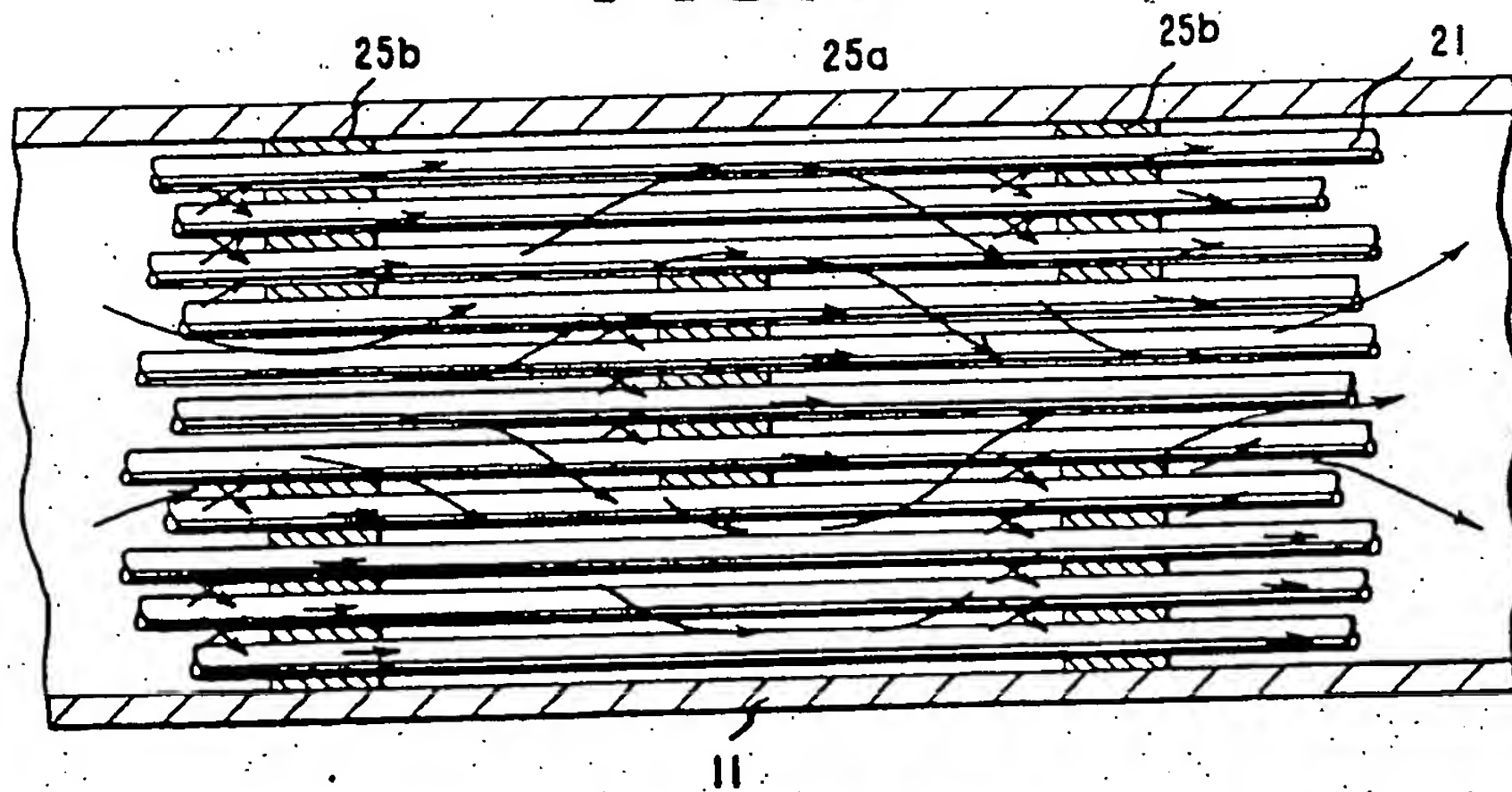
**FIG. 5**



**FIG. 6**

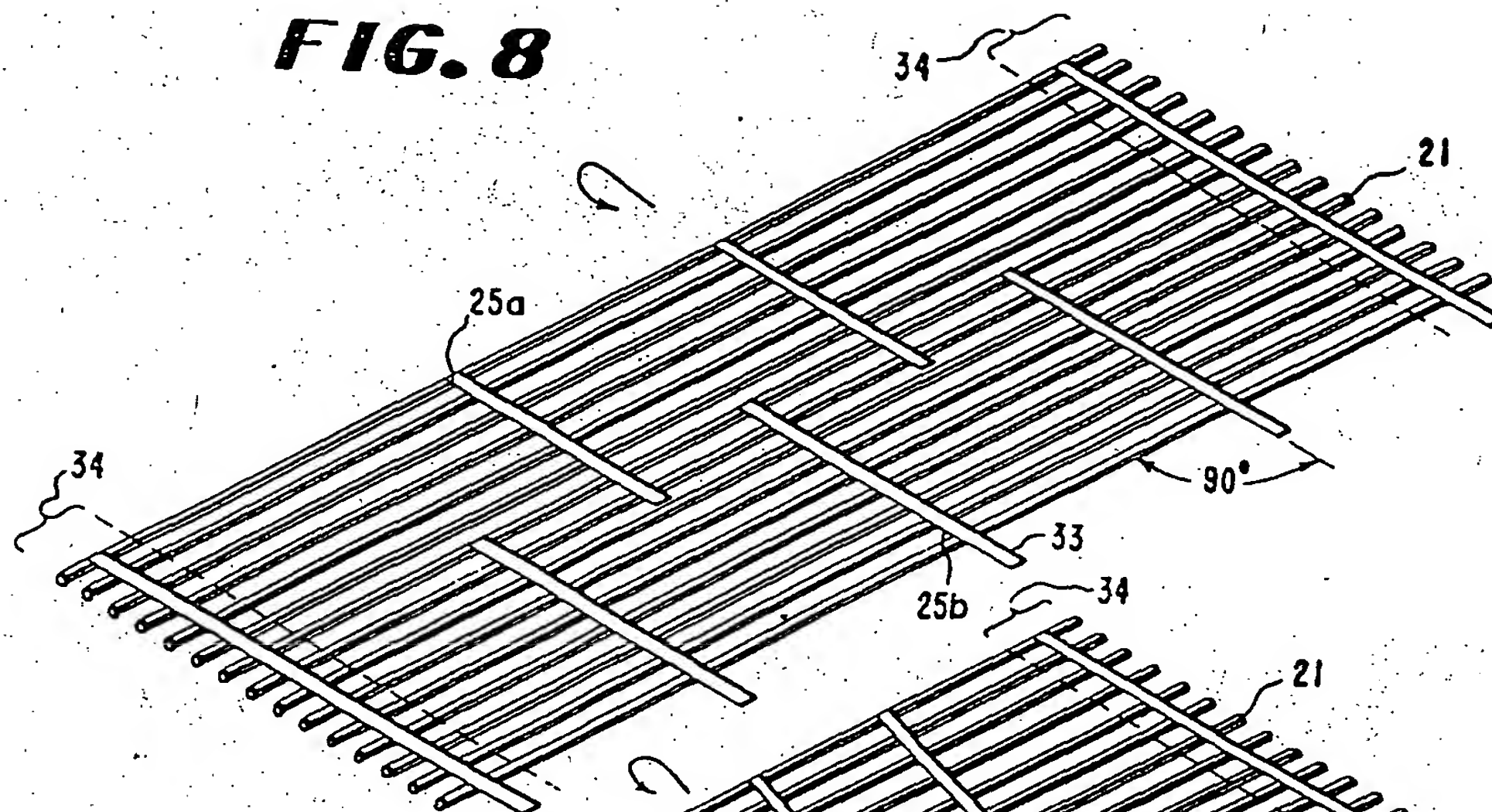


**FIG. 7**

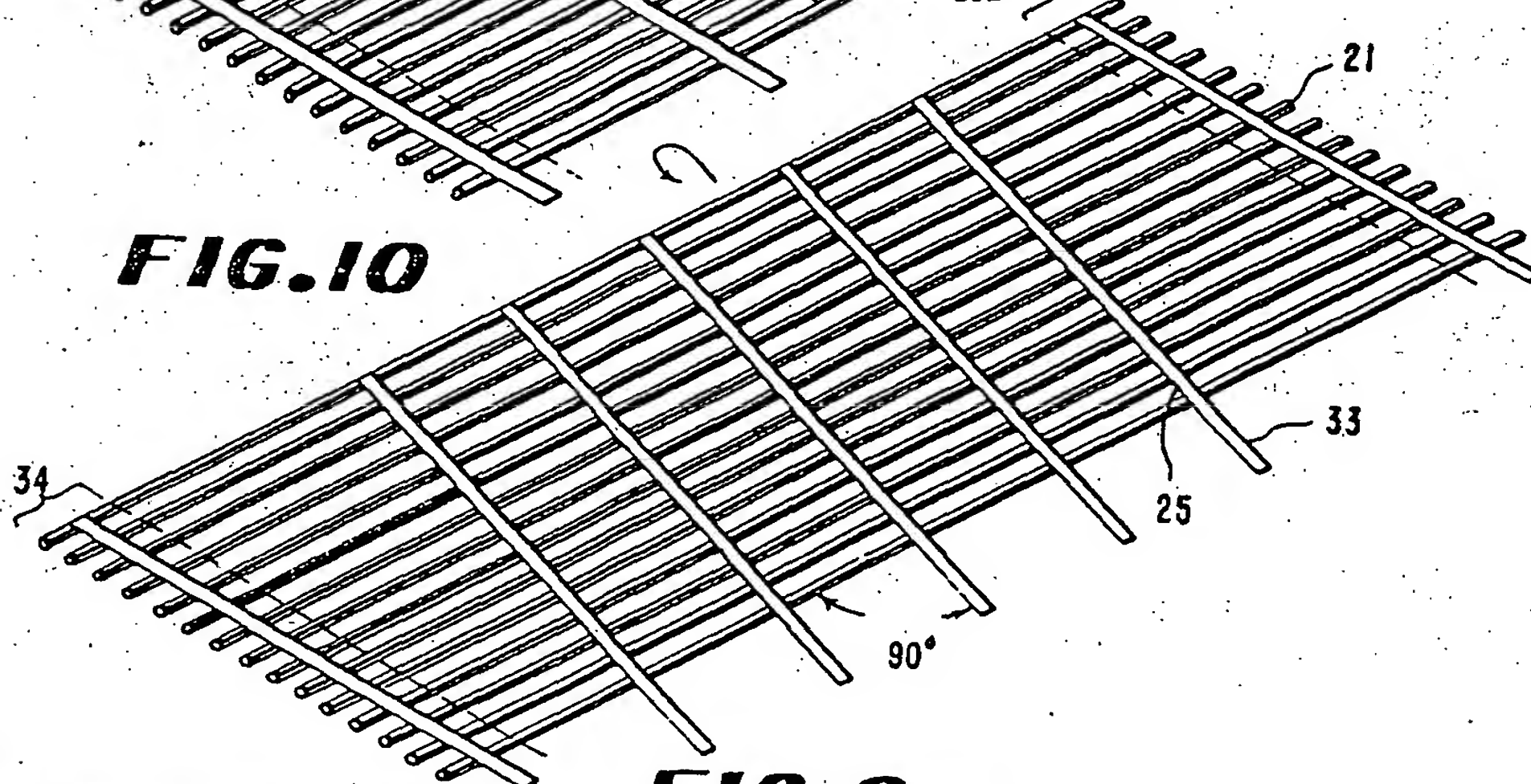


Nummer: 1 501 595  
 Int. Cl.: F 28 f, 21/06  
 Deutsche Kl.: 17 f, 12/06  
 Auslegungstag: 16. Dezember 1971

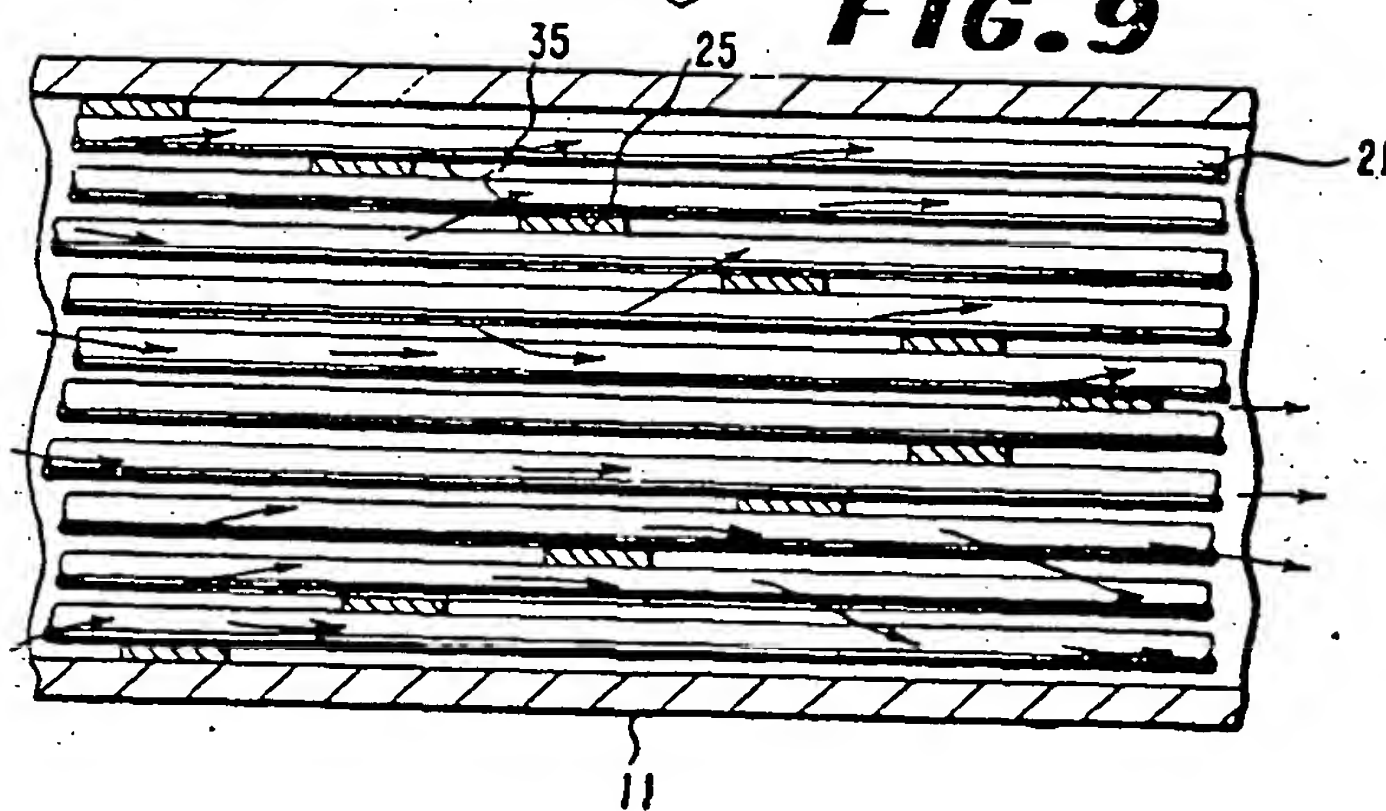
**FIG. 8**



**FIG. 10**

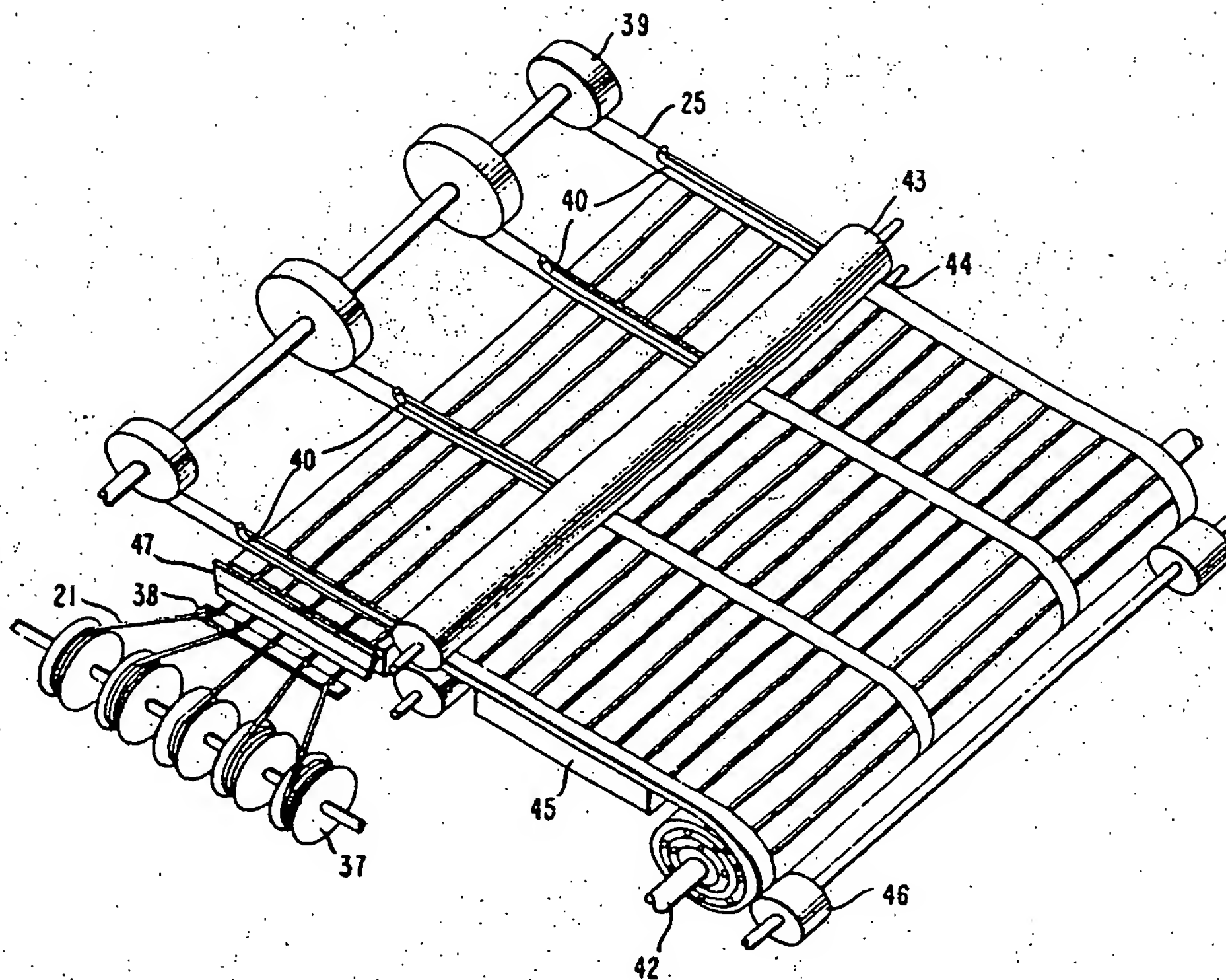


**FIG. 9**

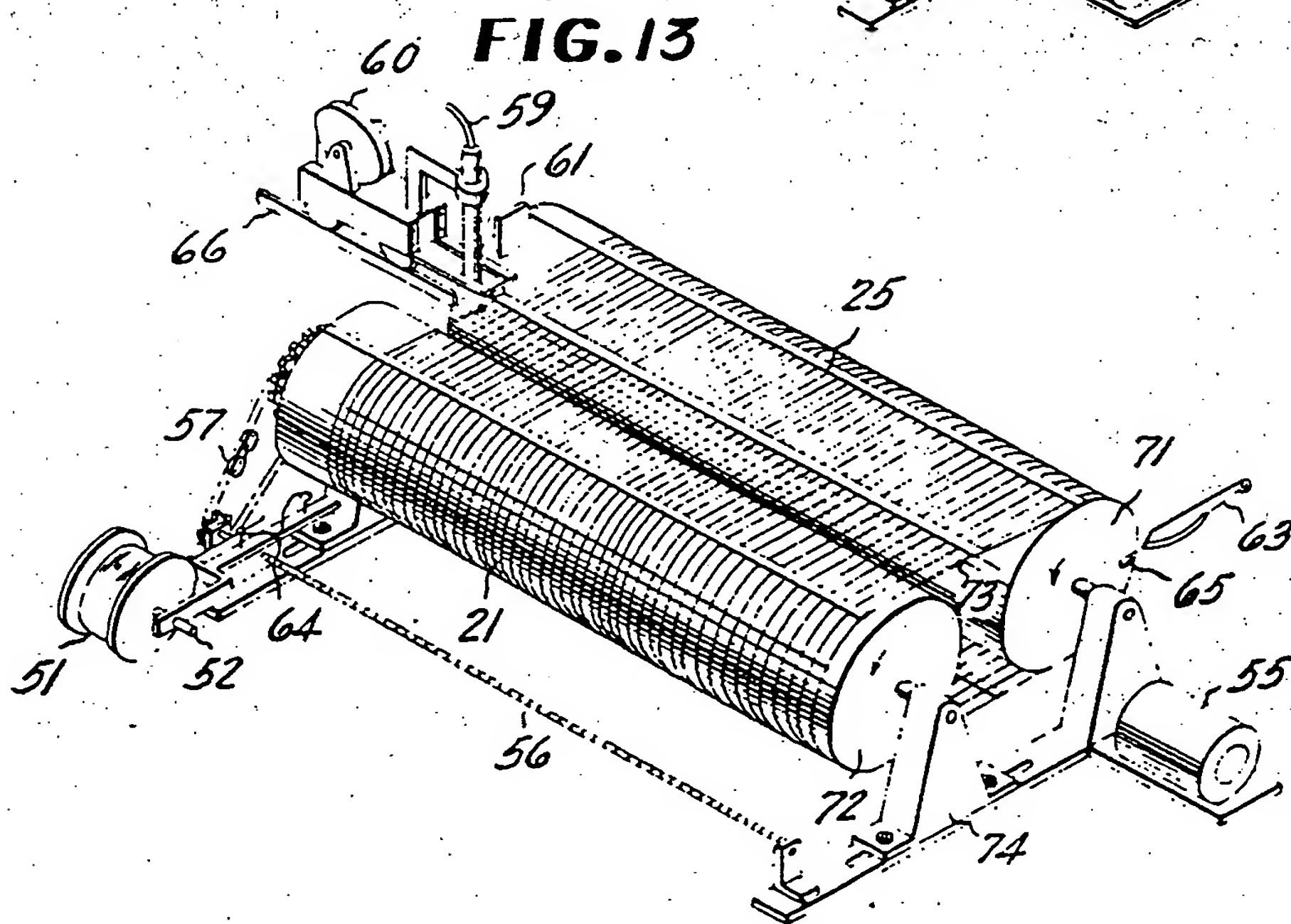
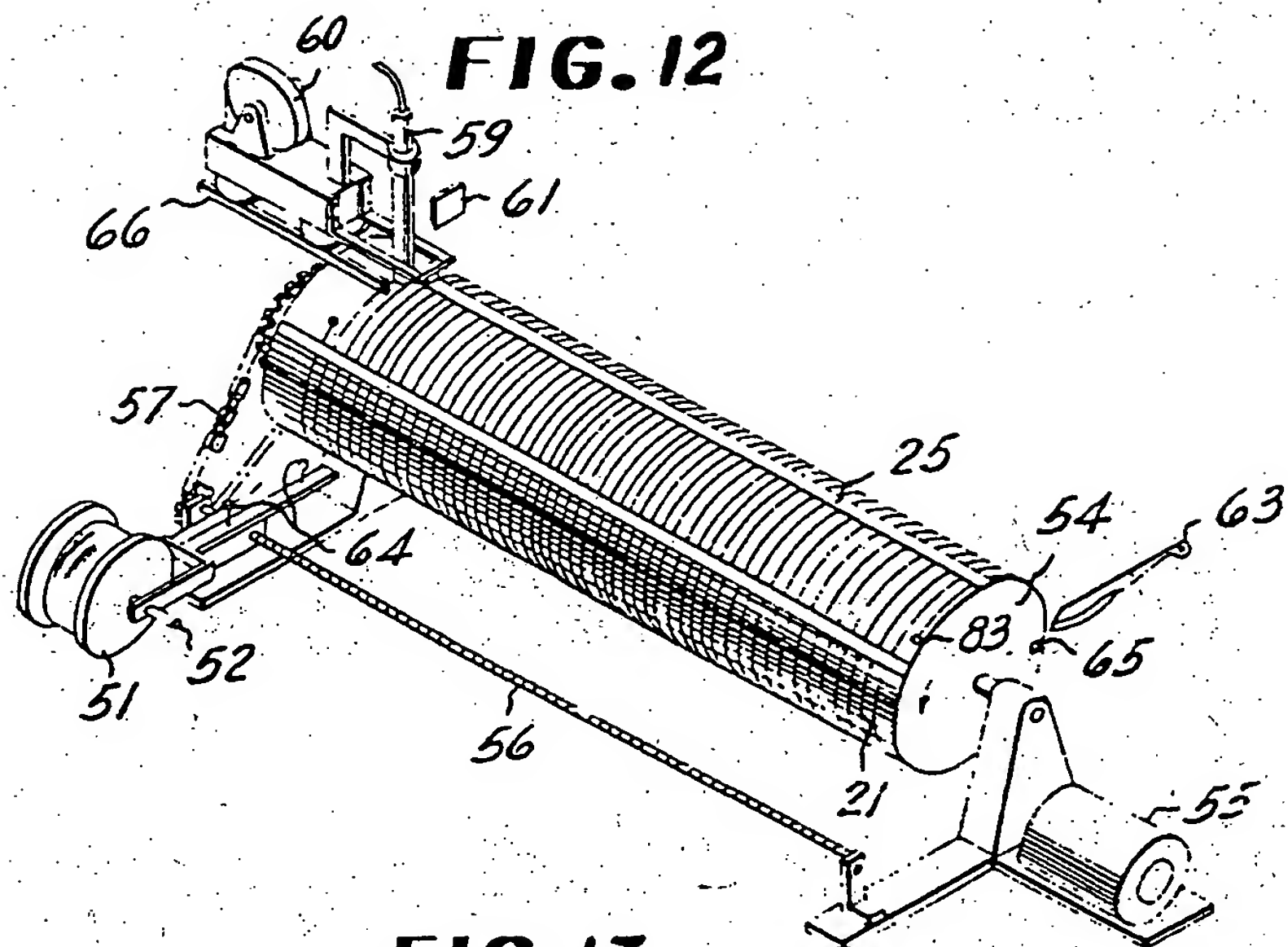


Nummer: 1 501 595  
 Int. Cl.: F 28 f, 21/06  
 Deutsche Kl.: 17 f, 12/06  
 Auslegetag: 16. Dezember 1971

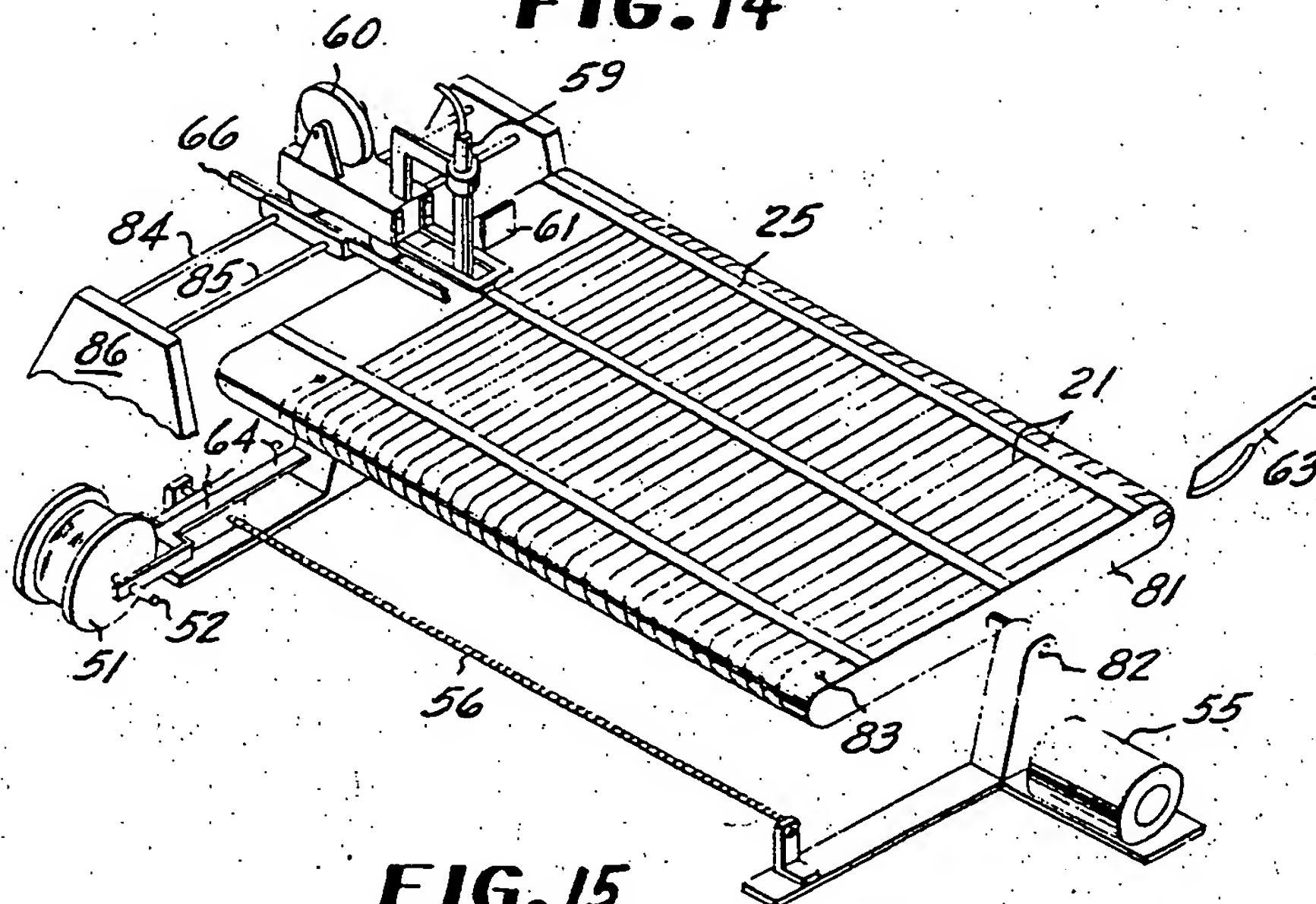
**FIG. 11**







**FIG. 14**



**FIG. 15**

